

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09251618 A**(43) Date of publication of application: **22.09.97**

(51) Int. Cl.

G11B 5/39(21) Application number: **08062201**(22) Date of filing: **19.03.96**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(72) Inventor: **TANAKA ATSUSHI
SATO MASASHIGE**(54) **MAGNETIC SENSOR**

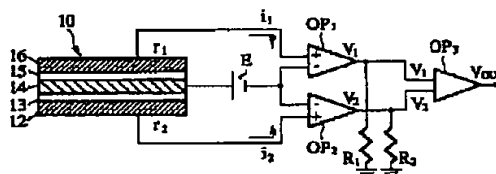
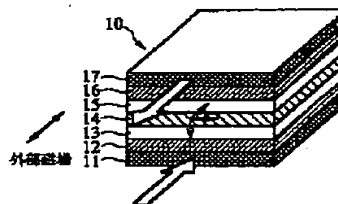
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic sensor improved in signal-to-noise ratio and high in magnetic field sensitivity by detecting an external magnetic field based on tunnel resistances among magnetic substance layers and obtaining the difference between resistances which are complementarily changed under the external magnetic field.

SOLUTION: An antiferromagnetic body layer 11 and an antiferromagnetic body layer 17 mutually reversibly pin the magnetization direction of a ferromagnetic body layer 12 and the magnetization direction of a ferromagnetic layer 16. Consequently, magnetizations of the layer 12 and the layer 16 are pinned to directions opposite with each other. The corrective force of a soft magnetic material layer 14 is small and the direction of magnetization of the layer 14 freely rotates according to the external magnetic field. The direction of the axis of easy magnetization of the layer 14 intersects the magnetization directions of the layer 12, 16 roughly at right angles. Static magnetic fields by the layer 12, 16 are made to be canceled with each other on the layer 14 by adjusting ferromagnetic materials and the thicknesses of the layers 12, 16. When resistances of respective tunnel junctions between the layer 16 and the layer 14 and between the layer 14 and the layer 12 are

defined as r_1 and r_2 , resistances r_1 , r_2 are complementarily changed by a spin tunnel phenomenon when the magnetization direction of the layer 14 is changed by the external magnetic field. Then, the difference of these changes is detected.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-251618

(43) 公開日 平成9年(1997)9月22日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-62201

(22) 出願日 平成8年(1996)3月19日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 田中 厚志

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 佐藤 雅重

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 北野 好人

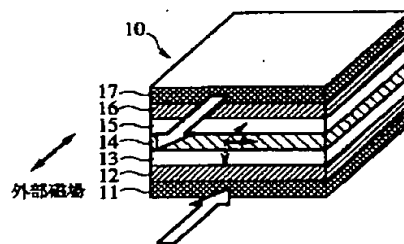
(54) 【発明の名称】 磁気センサ

(57) 【要約】

【課題】 磁界を検出する磁気センサ、特に、スピント
ンネル現象を利用した磁気センサに関し、信号対雑音比
を向上し、磁界感度の高い磁気センサを提供する。

【解決手段】 磁気センサの基本構造は、反強磁性材料
からなる反強磁性体層 1 1、保磁力の大きな強磁性材料
からなる強磁性体層 1 2、絶縁材料からなる絶縁体層 1
3、保磁力の小さな軟磁性材料からなる軟磁性体層 1
4、絶縁体層 1 5、保磁力の大きな強磁性材料からなる
強磁性体層 1 6、反強磁性材料からなる反強磁性体層 1
7 が順番に積層された積層体 1 0 である。強磁性体層 1
2 と軟磁性体層 1 4 とによりトンネル接合が構成され、
強磁性体層 1 6 と軟磁性体層 1 4 とによりトンネル接合
が構成される。

本発明の一実施形態の磁気センサの基本構造を示す図



- 10...積層体
- 11...反強磁性体層
- 12...強磁性体層
- 13...絶縁層
- 14...軟磁性体層
- 15...絶縁層
- 16...強磁性体層
- 17...反強磁性体層

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁化容易軸が第1の方向である第1の磁性体層と、

磁化容易軸が前記第1の方向と異なる第2の方向である第2の磁性体層と、

前記第1の磁性体層と前記第2の磁性体層の間に位置し、前記第1の磁性体層及び前記第2の磁性体層よりも保磁力の小さい第3の磁性体層と、

前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層の間に挿入された第1の絶縁体層と、

前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層の間に挿入された第2の絶縁体層とを有し、

前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗と、前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗とに基づいて外部磁界を検出することを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】 請求項1記載の磁気センサにおいて、前記第1の方向と前記第2の方向とはほぼ反対向きであることを特徴とする磁気センサ。

【請求項3】 請求項2記載の磁気センサにおいて、前記第3の磁性体層の磁化容易軸が、前記第1の方向と前記第2の方向とそれぞれほぼ直交していることを特徴とする磁気センサ。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載の磁気センサにおいて、

前記第1の磁性体層と前記第2の磁性体層の少なくとも一方の層に、磁化容易軸方向をピンニングするための反強磁性体層を設けたことを特徴とする磁気センサ。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の磁気センサにおいて、

前記第1の磁性体層及び前記第2の磁性体層の保磁力が、前記第3の磁性体層の磁化困難軸方向の飽和磁場よりも大きいことを特徴とする磁気センサ。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の磁気センサにおいて、

前記第1の磁性体層による静磁界と前記第2の磁性体層による静磁界とが前記第3の磁性体層において互いに相殺されていることを特徴とする磁気センサ。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかに記載の磁気センサにおいて、

前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗に基づく第1の電気信号と、前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗に基づく第2の電気信号との差分を検出する差分検出手段を有することを特徴とする磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁界を検出する磁気センサ、特に、スピントンネル現象を利用した磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年の磁気記録技術の高密度化にともない、磁気記録媒体と読取ヘッドとの相対的速度が非常に低下してきている。このため、従来の電磁誘導型磁気ヘッドでは十分な読取出力を得ることが困難になってきている。相対的速度が低下しても高い読取出力を得ることができる磁気センサとして、磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗型（MR型）磁気センサや、スピントンネル現象を利用したスピントンネル型磁気センサ等が提案されて

10

いる。
【0003】 スピントンネル型磁気センサは、2つの磁性体層により絶縁体層を挟んだ磁性体層／絶縁体層／磁性体層の積層体を有しており、磁性体層間に電圧を印加し、電子をトンネリングさせたとき、両磁性体層の磁化方向の相対角度に基づいて、電子のトンネリング確率が変化する現象を利用している。電子を供給する一方の磁性体層の電子スピンの分極化しており、この分極状態を保ったまま電子がトンネルするため、両磁性体層の磁化方向の相対角度に応じて電子のトンネリング確率が変化する。

20

【0004】 従来のスピントンネル型磁気センサとしては、第1強磁性薄膜と第2強磁性薄膜により絶縁膜を挟んで接合するものが一般的である。特開平6-24477号公報には、第1強磁性薄膜と第2強磁性薄膜とをストライプ状にパターンニングして磁化容易軸を互いに直交させ、第1強磁性薄膜の磁化容易軸方向の保磁力を第2強磁性薄膜の磁化容易軸方向の保磁力より2倍以上大きくした磁気センサが提案されている。外部磁場により保磁力の小さな第2強磁性薄膜の磁化を回転すると、第1強磁性薄膜から第2強磁性薄膜へのトンネル電流が変化

30

する。
【0005】 また、強磁性薄膜の材料として、異方性磁気抵抗効果が小さく、強磁性トンネル効果が大きく現れるFe系合金を用いることが提案されている（中谷、北田、日本金属学会秋期大会講演概要、p. 364、1994）。更に、強磁性薄膜の保磁力に差をつけるため、Fe系合金にC（炭素）やRu（ルテニウム）を添加したり、成膜時の基板温度を変えたりすることが行われている。

40

【0006】 また、他のスピントンネル型磁気センサとして、多層磁性薄膜を用いたものが知られている。特開平3-266481号公報には、Fe層に常磁性で非絶縁物の中間層を介して多層構造にした磁気抵抗効果素子が提案されている。消磁状態でFe層の磁化方向を上下で反平行にし、Fe層の層数を4層以上にするにより、低い印加磁界でも抵抗変化を示す。

【0007】 特開平7-74022号公報には、硬磁性層、反強磁性層に接する軟磁性層、反強磁性層に接していない軟磁性層をそれぞれ非磁性層を介して積層した多層構造の磁気抵抗効果膜を使用した磁気ヘッドが開示さ

50

れている。2層の磁性層を有する多層膜により高い磁気抵抗効果を示す。特開平6-223336号公報には、非磁性金属の層で相互に分離された第1、第2及び第3の強磁性体層を有する磁気抵抗読取センサが提供されている。第1及び第3の強磁性体層の磁化方向は固定されており、中間の第2の強磁性体層は軟磁性であり、印加磁界がないときは磁化方向が両側の第1及び第3の強磁性体層の磁化方向に対して垂直である多層2重スピンバルブ構造をしている。この構造によれば、いずれの方向に散乱する伝導電子も利用することができるので、低い印加磁界でも高い磁気抵抗効果を示す。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 このように、スピントンネル現象を利用した様々な磁気センサが提案されているが、スピントンネル現象による電圧変化は微小である上に、記録媒体からの信号はますます微弱になってきており、磁気センサの出力を高め、ノイズを低減することが重要な課題となってきた。

【0009】 本発明の目的は、上述した課題を克服し、信号対雑音比を向上し、磁界感度の高い磁気センサを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的は、磁化容易軸が第1の方向である第1の磁性体層と、磁化容易軸が前記第1の方向と異なる第2の方向である第2の磁性体層と、前記第1の磁性体層と前記第2の磁性体層の間に位置し、前記第1の磁性体層及び前記第2の磁性体層よりも保磁力の小さい第3の磁性体層と、前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層の間に挿入された第1の絶縁体層と、前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層の間に挿入された第2の絶縁体層とを有し、前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗と、前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗とに基づいて外部磁界を検出することを特徴とする磁気センサによって達成される。

【0011】 上述した磁気センサにおいて、前記第1の方向と前記第2の方向とはほぼ反対向きであることが望ましい。上述した磁気センサにおいて、前記第3の磁性体層の磁化容易軸が、前記第1の方向と前記第2の方向とそれぞれほぼ直交していることが望ましい。上述した磁気センサにおいて、前記第1の磁性体層と前記第2の磁性体層の少なくとも一方の層に、磁化容易軸方向をピンニングするための反強磁性体層を設けたことが望ましい。

【0012】 上述した磁気センサにおいて、前記第1の磁性体層及び前記第2の磁性体層の保磁力が、前記第3の磁性体層の磁化困難軸方向の飽和磁場よりも大きいことが望ましい。上述した磁気センサにおいて、前記第1の磁性体層による静磁界と前記第2の磁性体層による静磁界とが前記第3の磁性体層において互いに相殺されて

いることが望ましい。

【0013】 上述した磁気センサにおいて、前記第1の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗に基づく第1の電気信号と、前記第2の磁性体層と前記第3の磁性体層間のトンネル抵抗に基づく第2の電気信号との差分を検出する差分検出手段を有することが望ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】 本発明の一実施形態による磁気センサを図1乃至図3を用いて説明する。図1は本実施形態の磁気センサの基本構造を示す図であり、図2は本実施形態の磁気センサの検出回路の回路図であり、図3及び図4は本実施形態の磁気センサにおける外部磁場に対する磁気抵抗及び再生信号出力の変化を示すグラフである。

【0015】 本実施形態の磁気センサの基本構造は、図1に示すように、反強磁性材料からなる反強磁性体層11、保磁力の大きな強磁性材料からなる強磁性体層12、絶縁材料からなる絶縁体層13、保磁力の小さな軟磁性材料からなる軟磁性体層14、絶縁体層15、保磁力の大きな強磁性材料からなる強磁性体層16、反強磁性材料からなる反強磁性体層17が順番に積層された積層体10である。強磁性体層12と軟磁性体層14とによりトンネル接合が構成され、強磁性体層16と軟磁性体層14とによりトンネル接合が構成される。

【0016】 反強磁性体層11は約25nm厚のNiMnからなり、強磁性体層12は約20nm厚のFeからなり、絶縁体層13は約2nm厚のAl₂O₃からなり、軟磁性体層14は約20nm厚のNiFeからなり、絶縁体層15は約2nm厚のAl₂O₃からなり、強磁性体層16は約20nm厚のFeからなり、反強磁性体層17は約20nm厚のFeMnからなる。

【0017】 なお、反強磁性体層11、17としては、他の反強磁性材料、例えば、不規則合金のFeMn、規則合金のNiMn、PdMn、PtMn、NaCl構造のMnO、NiO等でもよい。強磁性体層12、16としては、他の強磁性材料、例えば、保磁力が約500e（エルステッド）以上のCo、Niや、Fe、Co、Ni等の合金等でもよい。軟磁性体層14としては、他の軟磁性材料、例えば、保磁力が約100e以下のCoFe合金等でもよい。絶縁体層13、15としては、他の絶縁体、例えば、SiO₂、AlN、NiO、CoO等でもよい。

【0018】 反強磁性体層11は、図1に示すように、強磁性体層12の磁化方向を紙面の表から裏に向かう方向にピンニングし、反強磁性体層17は、強磁性体層16の磁化方向を、紙面の裏から表に向かう方向にピンニングする。これにより、強磁性体層12と強磁性体層16は互いに反対方向に磁化がピンニングされる。軟磁性体層14は、保磁力が小さく外部磁場に依じて自由に磁化の向きが回転する。軟磁性体層14の磁化容易軸の方

向は、強磁性体層12の磁化方向と強磁性体層16の磁化方向にほぼ直交している。軟磁性体層14の磁化困難軸方向の飽和磁場は約50eであり、強磁性体層12と強磁性体層16の保磁力(約300e)より小さいことが望ましい。

【0019】強磁性体層12と強磁性体層16の強磁性材料及び膜厚を調整することにより、強磁性体層12による静磁界と強磁性体層16による静磁界が軟磁性体層14において互いに相殺するようにできる。これにより軟磁性体層14は、静磁エネルギーを生ずることなく、外部磁界に応じて自己の磁化の向きを変えることができる。

【0020】本発明の一実施形態による磁気センサの再生信号の検出回路を図2を用いて説明する。磁気センサの積層体10の強磁性体層16と軟磁性体層14間のトンネル接合の抵抗を r_1 、軟磁性体層14と強磁性体層12間のトンネル接合の抵抗を r_2 とすると、外部磁場により軟磁性体層14の磁化方向が変化すると、スピントンネル現象により抵抗 r_1 、 r_2 が変化する。

【0021】外部磁場が印加され、軟磁性体層14の磁化の向きが回転すると、一方のトンネル接合の抵抗 r_1 又は r_2 が大きくなり、他方のトンネル接合の抵抗 r_2 又は r_1 が小さくなる相補的な変化をする。本実施形態では、このような相補的に変化する抵抗の変化の差分をとることにより、磁界検出感度を高くすると共に、同位相で発生する雑音成分を効果的に除去して、信号対雑音比を飛躍的に向上する。

【0022】直流電源Eにより軟磁性体層14に正の電圧Eを印加し、強磁性体層16と軟磁性体層14間に流れる電流 i_1 をオペアンプOP1により増幅し、強磁性体層12と軟磁性体層14間に流れる電流 i_2 をオペアンプOP2により増幅する。オペアンプOP1、OP2の出力 V_1 、 V_2 は、次式のようになる。

$$V_1 = \alpha_1 \times i_1 = \alpha_1 \times E / r_1$$

$$V_2 = \alpha_2 \times i_2 = \alpha_2 \times E / r_2$$

ただし、 α_1 はオペアンプOP1の増幅率

α_2 はオペアンプOP2の増幅率

オペアンプOP1、OP2の出力 V_1 、 V_2 は、それぞれ抵抗 R_1 、 R_2 を介して接地されている。オペアンプOP1、OP2の出力 V_1 、 V_2 は、オペアンプOP3により差動増幅され、再生出力信号 V_{out} は、次式のようになる。

$$V_{out} = \alpha_3 (V_1 - V_2)$$

ただし、 α_3 はオペアンプOP3の増幅率

外部磁場の変化に応じた抵抗 r_1 、 r_2 の変化を図3に示し、再生出力信号 V_{out} の変化を図4に示す。図3及び図4において、図1の紙面の裏から表に向かう方向の外部磁場を正とし、反対方向の外部磁場を負とする。

【0024】外部磁場が印加されない場合には、軟磁性体層14の磁化の向きは初期の磁化容易軸方向を向いて

おり、図3に示すように、抵抗 r_1 と抵抗 r_2 は等しい。したがって、出力 V_1 、 V_2 は等しくなり、図4に示すように、再生出力 V_{out} はゼロとなる。正の外部磁場が印加されると、軟磁性体層14の磁化の向きは初期の磁化容易軸方向から図1の紙面の裏から表に向かう方向に回転する。その結果、図3に示すように、強磁性体層16と軟磁性体層14間のトンネル接合の抵抗 r_1 が小さくなり、軟磁性体層14と強磁性体層12間のトンネル接合の抵抗 r_2 が大きくなる。したがって、出力 V_1 が大きく、出力 V_2 が小さくなり、図4に示すように、再生出力 V_{out} が正の値となる。正の外部磁界が大きくなると再生出力 V_{out} も大きくなり、軟磁性体層14の磁化が紙面の裏から表になると、抵抗変化は終了し、再生出力も飽和する。

【0025】負の外部磁場が印加されると、軟磁性体層14の磁化の向きは初期の磁化容易軸方向から図1の紙面の表から裏に向かう方向に回転する。その結果、図3に示すように、強磁性体層16と軟磁性体層14間のトンネル接合の抵抗 r_1 が大きくなり、軟磁性体層14と強磁性体層12間のトンネル接合の抵抗 r_2 が小さくなる。したがって、出力 V_1 が小さく、出力 V_2 が大きくなり、図4に示すように、再生出力 V_{out} が負の値となる。負の外部磁界が大きくなると再生出力 V_{out} の負の値も大きくなり、軟磁性体層14の磁化が紙面の表から裏になると、抵抗変化は終了し、再生出力も飽和する。

【0026】次に、本実施形態による磁気センサの製造方法について、図5を用いて説明する。まず、例えば、ガラス基板等の支持基板20上に、スパタリングにより、反強磁性体層11として約25nm厚のNiMn層を堆積し、引き続いて、強磁性体層12として約20nm厚のFe層を堆積する(図5(a))。続いて、図5(a)の矢印の方向(紙面の表から裏に向かう方向)に約20000eの磁場を印加しながら、約300℃の熱処理を約1時間行う。NiMn層は規則化が進み、反強磁性体に変化すると共に、Fe層の磁化方向は印加磁場の方向にピンニングされる。

【0027】次に、スパタリングにより、約5nm厚のAlを堆積し、100mTorrの酸素雰囲気中で1時間酸化処理を行うことにより絶縁体層13を形成する(図5(b))。続いて、図5(b)の矢印の方向(紙面の左から右に向かう方向)に約1000eの磁場を印加しながら、スパタリングにより、軟磁性体層14として約20nm厚のNiFe層を堆積する。これにより軟磁性体層14の磁化容易軸が印加磁場の方向になる。

【0028】次に、スパタリングにより、約5nm厚のAlを堆積し、酸化処理を行うことにより絶縁体層15を形成する(図5(c))。続いて、図5(c)の矢印の方向(紙面の裏から表に向かう方向)に約1000eの磁場を印加しながら、スパタリングにより、強磁性体層16として約20nm厚のNiFe層を堆積し、続

いて、反強磁性体層17として約20nm厚のFeMn層を堆積する。

【0029】FeMn層は堆積した状態で反強磁性体となるため、堆積後の熱処理は不要である。NiFe層の磁化方向は印加磁場の方向となり、NiFe層の磁化方向に影響されてFeMn層の磁化状態が決定される。強磁性体層16のNiFe層は反強磁性体層17のFeMn層によりピンニングされる。このようにして積層構造を形成した後、フォトリソグラフィにより約10 μ m角にパターンニングしてトンネル接合部を形成する。

【0030】なお、反強磁性体層により強磁性体層の磁化方向をピンニングする方法としては、上述したように、反強磁性体層と強磁性体層を成膜後に磁場中で熱処理するようにしてもよいし、磁場中で強磁性体層を成膜し、その上に反強磁性体層を積層するようにしてもよい。本発明は上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

【0031】例えば、上記実施形態では、2つの強磁性体層の磁化方向がほぼ反対向きであったが、完全に方向が反対でなくとも、2つの強磁性体層の磁化方向が異なっていればよい。例えば、2つの強磁性体層の磁化方向が直交し、軟磁性体層の磁化容易軸の方向がその間になるようにしてもよい。また、上記実施形態では、軟磁性体層の磁化容易軸の方向が2つの強磁性体層の方向にほぼ直交していたが、軟磁性体層の磁化容易軸が他の方向であってもよい。

【0032】また、上記実施形態では、2つの強磁性体層が共に反強磁性体層によりピンニングされていたが、一方の強磁性体層がピンニングされていてもよい。また、外部磁場により強磁性体層の磁化方向が変化しなければ、ピンニングのための反強磁性体層を設けなくともよい。

【0033】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、磁化容易軸の方向が異なる第1及び第2の磁性体層の間に保磁力

の小さい第3の磁性体層を設け、第1の磁性体層と第3の磁性体層の間、第2の磁性体層と第3の磁性体層の間に絶縁体層を挿入し、第1の磁性体層と第3の磁性体層間のトンネル抵抗と、第2の磁性体層と第3の磁性体層間のトンネル抵抗とに基づいて外部磁界を検出するようにしたので、外部磁場が印加されると、一方のトンネル抵抗が大きく、他方のトンネル抵抗が小さくなるような相補的な変化をするので、このような相補的に変化する抵抗の変化の差分をとることにより、磁界検出感度を高くすると共に、同位相で発生する雑音成分を効果的に除去して、信号対雑音比を飛躍的に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による磁気センサの基本構造を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態による磁気センサの検出回路の回路図である。

【図3】本発明の一実施形態の磁気センサにおける外部磁場に対する磁気抵抗の変化を示すグラフである。

【図4】本発明の一実施形態の磁気センサにおける外部磁場に対する再生信号出力の変化を示すグラフである。

【図5】本発明の一実施形態による磁気センサの製造方法を示す工程図である。

【符号の説明】

10…積層体

11…反強磁性体層

12…強磁性体層

13…絶縁層

14…軟磁性体層

15…絶縁層

16…強磁性体層

17…反強磁性体層

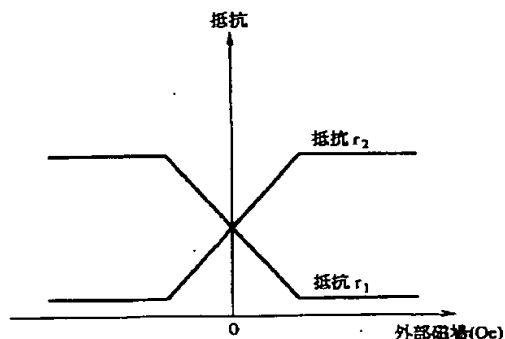
20…支持基板

OP1、OP2、OP3…オペアンプ

R1、R2…抵抗

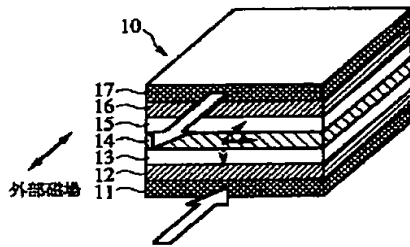
【図3】

外部磁場に対する磁気抵抗の変化を示すグラフ



【図1】

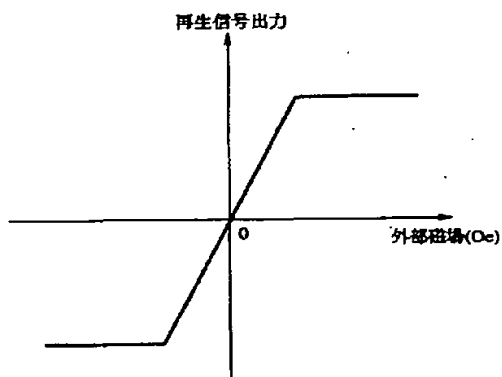
本発明の一実施形態の磁気センサの基本構造を示す図



10…積層体
11…反強磁性体層
12…強磁性体層
13…絶縁層
14…軟磁性体層
15…絶縁層
16…強磁性体層
17…反強磁性体層

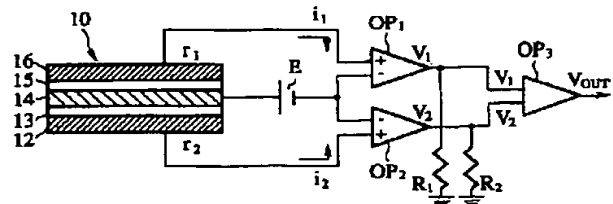
【図4】

外部磁場に対する再生信号出力の変化を示すグラフ



【図2】

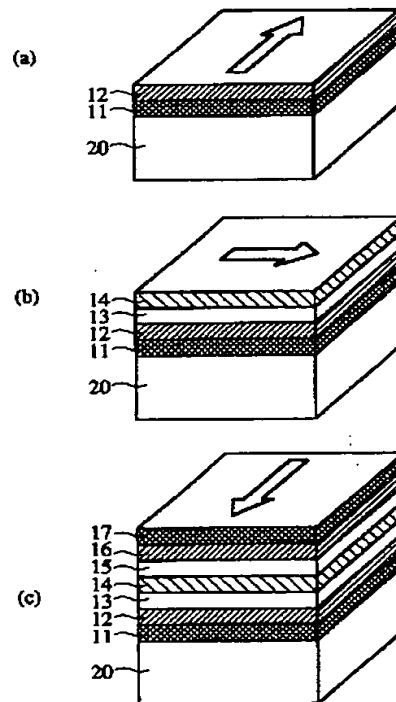
本発明の一実施形態の磁気センサの検出回路の回路図



OP1、OP2、OP3…オペアンプ
R1、R2、…抵抗

【図5】

本発明の一実施形態の磁気センサの製造方法を示す工程図



20…支持基板